



**TUGAS AKHIR - SS145561**

# **PENGENDALIAN KUALITAS PIPA *STAINLESS STEEL* ORNAMENT DI PT XYZ**

**NOVIA MAHARANI**  
**NRP 1312 030 044**

**Dosen Pembimbing**  
**Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III**  
**JURUSAN STATISTIKA**  
**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT - SS145561**

# **QUALITY CONTROL OF STAINLESS STEEL PIPE ORNAMENT AT PT XYZ**

**NOVIA MAHARANI  
NRP 1312 030 044**

**Supervisor  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**DIPLOMA III STUDY PROGRAM  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGENDALIAN KUALITAS PIPA STAINLESS**  
**STEEL ORNAMENT DI PT XYZ**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Program Studi Diploma III Jurusan Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**NOVIA MAHARANI**

**NRP. 1312 030 044**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**NIP. 19610311 198701 2 001**



Mengetahui

**Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS**



**Dr. Muhammad Mashuri, MT.**

**NIP. 19620408 198701 1 001**

**SURABAYA, JULI 2015**

## **PENGENDALIAN KUALITAS PIPA *STAINLESS STEEL* ORNAMENT DI PT XYZ**

**Nama Mahasiswa** : Novia Maharani  
**NRP** : 1312 030 044  
**Program Studi** : Diploma III  
**Jurusan** : Statistika FMIPA ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

### **Abstrak**

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pipa baja, untuk menghadapi persaingan yang semakin ketat upaya yang dilakukan adalah melakukan pengendalian kualitas dengan menggunakan diagram pareto dan diagram Ishikawa, namun informasi yang didapatkan masih terbatas, sehingga diperlukan peta kendali untuk mengendalikan proses produksi lebih lanjut. Penelitian ini difokuskan pada pipa stainless steel ornament, yang bertujuan menganalisis kapabilitas proses pipa *stainless steel ornament* apakah sudah kapabel atau belum dan faktor penyebab proses produksi tidak stabil dengan menggunakan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling, Peta Kendali Generalized Variance, diagram pareto, diagram Ishikawa dan kapabilitas proses. Hasil analisis Peta Kendali  $T^2$  Hotelling pada perbaikan keempat sudah terkendali, serta kapabilitas prosesnya sudah kapabel karena nilai  $C_p$  sebesar 2.64395. Ada beberapa faktor yang menyebabkan proses produksi tidak stabil yaitu posisi roll kurang presisi, cacat roll, kerak pada coil, setel roll, setel weld, kecepatan mesin, debu dan *human error*.

**Kata Kunci** : Kapabilitas Proses, Peta Kendali  $T^2$  Hotelling, Pipa Stainless Steel Ornament

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## QUALITY CONTROL OF STAINLESS STEEL PIPE ORNAMENT AT PT XYZ

**Student Name** : Novia Maharani  
**NRP** : 1312 030 044  
**Programe** : Diploma III  
**Departement** : Statistics FMIPA ITS  
**Academic Supervisor** : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

### Abstract

*PT XYZ is a company that produce of steel tube, to confront competition that is more strict the efforts is control the quality of do with used diagrams pareto and diagrams of ishikawa, but the information obtained are still limited, so that need for control chart to control the process of the production of further. It is focused on the stainless steel pipe ornamnent, that purpose to analyze capability process of stainless steel pipe ornament has been capable not yet and the factors causing the production process unstable of the  $T^2$  Hotelling control chart, generalized variance control chart, diagram pareto, diagram ishikawa and capability process. The results of the analysis  $T^2$  hotelling control chart on upgrading fourth already is are under control capabilities, the process is capable because the value of  $cp$  equals 2.64395. There ' s a factor causing the production of less volatile precision, a roll roll in, the crush of the coil, set roll, set, speed of machine, dust and human error.*

**Key Word:** Capability Process, Stainless Steel Pipe Ornament,  $T^2$  Hotelling Control Chart

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGENDALIAN KUALITAS PIPA STAINLESS STEEL ORNAMENT DI PT XYZ”** dengan baik.

Proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT. selaku Ketua Program Studi Diploma III Statistika FMIPA ITS dan Dosen Pembimbing yang sangat sabar membimbing proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT. selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS dan Dosen Wali yang telah memberikan dukungan untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT. dan Ibu Diaz Fitra Aksioma, S.Si, M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberi masukan untuk kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.
4. Segenap Dosen dan Karyawan Jurusan Statistika FMIPA ITS yang telah banyak membantu penulis selama menjalani kuliah di Jurusan Statistika FMIPA ITS.
5. Ibu Retno Widaryanti, Bapak Susilo, Ibu Imeka W. K., Bapak Raden Gita Maulana, Bapak Dimas Satria Dwitama dan karyawan PT XYZ yang selalu membimbing, memberikan pengarahan dan perwalian.
6. Ibu dan Ayah tercinta atas segala doa dan segala dukungan yang telah diberikan selama penyusunan laporan Tugas Akhir.
7. Ida Bagus Oka dan Saraghosa Ayu Liestyarini yang telah membantu dan memberikan dukungan untuk kelancaran laporan Tugas Akhir ini.



8. Evi Ratna Sari, Puri Retno Mutia, Agil Saputra Marjuki dan Keluarga besar yang selalu memberikan doa dan semangat.
9. Binti Fatmawati, Denis Olivia, Efrida Lailatul, Nurhayati, Rahmawati Maisaroh dan Windy Hari yang selalu membantu dan memberi semangat.
10. Teman-teman Diploma III Statistika FMIPA ITS angkatan 2012 yang senantiasa memberikan semangat dan doa sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
11. Teman-teman alumni SMKN 3 Boyolangu, Tulungagung dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala doa dan dukungan, serta memberikan makna dan kenangan dalam hidup.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan. Karenanya, kritik dan saran sangat diharapkan sebagai masukan untuk mengembangkan Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TITLE PAGE</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Analisis Multivariat.....	5
2.1.1 Korelasi Antar Variabel.....	5
2.1.2 Distribusi Normal Multivariat .....	6
2.2 Pengendalian Kualitas Statistik .....	7
2.2.1 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> .....	7
2.2.2 Peta Kendali $T^2$ Hotelling .....	9
2.3 Diagram Pareto.....	10
2.4 Diagram <i>Ishikawa</i> .....	11
2.5 Kapabilitas Proses .....	12
2.6 Proses Produksi Pipa Stainless Steel Ornament di PT XYZ.....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Sumber Data .....	17
3.2 Variabel Penelitian .....	18
3.3 Langkah Analisis.....	18

## **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pemeriksaan Asumsi .....	21
4.1.1 Pemeriksaan Korelasi Antar Variabel.....	21
4.1.2 Distribusi Normal Multivariat .....	22
4.2 Pengendalian Kualitas Statistik .....	22
4.2.1 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> .....	23
4.2.2 Peta Kendali $T^2$ Hotelling .....	23
4.3 Diagram Pareto .....	28
4.4 Indeks Kapabilitas Proses .....	29

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran .....	31

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	33
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN</b> .....	35
-----------------------	----

<b>BIODATA PENULIS</b> .....	47
------------------------------	----

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Struktur Data Peta Kendali T <sup>2</sup> Hotelling.....	9
<b>Tabel 2.2</b> Karakteristik Mesin Stainless .....	13
<b>Tabel 3.1</b> Struktur Data Penelitian.....	17
<b>Tabel 3.2</b> Variabel Penelitian .....	18

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Diagram Pareto .....	11
<b>Gambar 2.2</b> Diagram <i>Ishikawa</i> .....	12
<b>Gambar 2.3</b> Alur Produksi Pipa <i>Stainless Steel Ornamen</i> .....	15
<b>Gambar 3.1</b> Coil Baja (a) dan Strip (b).....	17
<b>Gambar 3.2</b> Pipa <i>Stainless Steel</i> .....	18
<b>Gambar 3.3</b> Diagram Alir .....	20
<b>Gambar 4.1</b> q-q Plot.....	22
<b>Gambar 4.2</b> Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> .....	23
<b>Gambar 4.3</b> Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> .....	24
<b>Gambar 4.4</b> Diagram <i>Ishikawa</i> .....	25
<b>Gambar 4.5</b> Perbaikan 1 Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> .....	25
<b>Gambar 4.6</b> Perbaikan 2 Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> .....	26
<b>Gambar 4.7</b> Perbaikan 3 Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> .....	27
<b>Gambar 4.8</b> Perbaikan 4 Peta Kendali $T^2$ <i>Hotelling</i> .....	27
<b>Gambar 4.9</b> Diagram Pareto Proses Produksi.....	28

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

PT XYZ, Tbk merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pipa baja yang memproduksi beberapa jenis produk pipa baja untuk berbagai keperluan konstruksi maupun untuk keperluan industri *oil and gas*. Adapun produk pipa baja yang dihasilkan yaitu pipa baja hitam (ERW), pipa stainless steel (SS) dan pipa perabot. Pada saat ini telah banyak perusahaan pipa baja yang telah dibangun di Indonesia baik perusahaan asing maupun negara. Meningkatnya jumlah perusahaan pipa baja yang ada memunculkan persaingan yang ketat antar perusahaan. Dalam menghadapi persaingan dunia bisnis yang ketat, khususnya dalam bidang perdagangan dan industri maka PT XYZ dituntut untuk melakukan upaya peningkatan kualitas sesuai standart mutu yang berlaku.

PT XYZ berkomitmen untuk meningkatkan kualitas pipa baja agar dapat mempertahankan kepercayaan konsumen bahkan memperbanyak jumlah konsumen. Saat ini upaya yang dilakukan PT XYZ untuk meningkatkan kualitas baru menggunakan alat diagram pareto dan diagram *Ishikawa*, sedangkan secara statistik informasi yang didapatkan masih terbatas sehingga belum dapat diketahui apakah proses tersebut telah kapabel. Untuk mengetahui bahwa produk telah kapabel maka dilakukan pengendalian kualitas statistik terhadap produksi pipa baja. Penelitian ini difokuskan pada salah satu produk pipa baja yaitu pipa *stainless steel ornament*, perlu dilakukan pengendalian kualitas statistik. Karakteristik kualitas yang diukur pada pipa stainless steel adalah diameter dalam (ID) dan berat (weight), oleh karena itu, pada penelitian ini Peta Kendali  $T^2$  Hotelling dan Peta Kendali *Generalized Variance* yang akan digunakan.

Penelitian proses produk pipa baja pernah dilakukan oleh Pradita (2014) di PT Gunawan Dianjaya Steel Tbk dengan menggunakan peta kendali u, didapatkan hasil bahwa proses



produksi pipa baja pada bulan Januari dan Februari tahun 2012 belum kapabel dikarenakan nilai indeks kapabilitas proses kurang dari satu. Selanjutnya pengendalian kualitas statistik menggunakan peta kendali  $T^2$  Hotelling dilakukan oleh Kurnia (2013) di PT Ajinomoto Indonesia, didapatkan hasil bahwa proses MSG jenis RC belum kapabel karena nilai indeks kapabilitas proses kurang dari satu.

## 1.2 Rumusan Masalah

PT XYZ Tbk, selama ini melakukan pengendalian kualitas pada proses produksi dengan cara sederhana yaitu menggunakan diagram pareto dan diagram ishikawa, dimana informasi yang diperoleh hanya mengidentifikasi jenis cacat yang paling sering terjadi, sehingga tidak dapat diketahui apakah proses produksi sudah terkendali apa belum terkendali, jika sudah terkendali apakah kapabilitas proses sudah kapabel apa belum, maka permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil analisis pengendalian kualitas dan kapabilitas proses pada proses produksi pipa *stainless steel ornament* di PT XYZ pada bulan Maret hingga Desember 2014, serta faktor apa yang mempengaruhi kualitas proses produksi tidak stabil?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan yang ingin diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kapabilitas proses pada proses produksi pipa *stainless steel ornament* di PT XYZ.
2. Mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi kualitas proses produksi pipa *stainless steel ornament* di PT XYZ tidak stabil.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat pada penelitian ini memberi masukan pada perusahaan untuk melakukan tindakan perbaikan pada proses produksi apabila proses produksi tidak kapabel.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data produksi pipa *stainless steel ornament* di PT XYZ pada bulan Maret hingga Desember 2014.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Analisis Multivariat

Analisis multivariat adalah analisis statistika dimana data pengamatan terdiri dari banyak variabel dan antar variabel saling dependen (Johnson, 2007). Pada analisis multivariat variabel yang digunakan harus berdistribusi normal multivariat dan saling dependen. Berikut asumsi yang harus dipenuhi pada analisis multivariat.

#### 2.1.1 Korelasi Antar Variabel

Variabel  $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$  dikatakan bersifat saling bebas (*independent*) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Untuk mengetahui apakah ada korelasi antar variabel dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Bartlett Sphericity*, dengan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis :

$H_0 : R = I$  (antara variabel-variabel tidak berkorelasi)

$H_1 : R \neq I$  (antara variabel-variabel berkorelasi)

Statiistik uji :

$$\chi_{hitung}^2 = -\left\{m-1 - \frac{2p+5}{6}\right\} \ln|\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

dimana

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{j1} & r_{j2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

$$r_{jp} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ip} - \bar{x}_p)}{(m-1)S_{x_j} S_{x_p}} \quad (2.3)$$

### Keterangan

$x_{ij}$  = nilai pengamatan ke-i, karakteristik kualitas ke-j, pada Tabel 2.1.

$r_{jp}$  = nilai korelasi antar karakteristik kualitas

$j$  = karakteristik kualitas ke-j,  $j=1,2,\dots,p$

$m$  = jumlah pengamatan

$|\mathbf{R}|$  = determinan matriks korelasi dari variabel-variabel

Daerah kritis :  $H_0$  ditolak jika  $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha; \frac{1}{2}p(p-1)}$

yang berarti antar variabel bersifat saling berkorelasi (dependen) (Rencher, 2002).

### 2.1.2 Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat merupakan pengembangan dari distribusi normal univariat dengan jumlah variabel yang lebih dari satu. Untuk mengetahui apakah variabel-variabel berdistribusi normal multivariat dapat dengan menghitung jarak kuadrat untuk setiap pengamatan, yaitu (Johnson, 2007).

$$d_i^2 = (x_{ij} - \bar{x}_j)' S^{-1} (x_{ij} - \bar{x}_j) \quad (2.4)$$

dimana

$$S = \begin{pmatrix} s_{11}^2 & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{21} & s_{22}^2 & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & s_{p2} & \cdots & s_{pp}^2 \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

$x_{ij}$  = vektor objek pengamatan ke-i pada variabel ke-j

$\bar{x}_j$  = vektor rata-rata pengamatan pada variabel ke-j

$i$  = banyaknya pengamatan sejumlah  $m$

$j$  = banyaknya variabel karakteristik kualitas sejumlah  $p$

$S^{-1}$  = invers matriks varian kovarian

Untuk mengetahui apakah suatu pengamatan berdistribusi normal multivariat digunakan q-q plot. Langkah-langkah pembuatan q-q plot adalah sebagai berikut.

1. Menghitung jarak tergeneralisasi yang dikuadratkan atau biasa disebut dengan  $d_i^2$  dimana  $S^{-1}$  berukuran  $p \times p$ .
2. Mengurutkan nilai  $d_i^2$  dari terkecil hingga terbesar.

3. Menentukan nilai  $q$  dengan persamaan sebagai berikut.

$$q = \chi^2_{p; ((n-j+0,5)/n)} \quad (2.6)$$

4. Membuat scatter plot antara  $d^2_i$  dan  $q$ .

$q$ - $q$  plot akan membentuk sebuah garis lurus jika sebaran data mengikuti distribusi normal multivariat.

## 2.2 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas adalah teknik dan manajemen yang digunakan untuk mengukur kualitas produk, membandingkan dengan spesifikasi dan melakukan perbaikan yang sesuai jika ada perbedaan dengan standart yang berlaku. Tujuan utama pengendalian kualitas statistik untuk menyelidiki secara cepat terjadinya sebab-sebab terduga sedemikian hingga penyelidikan terhadap proses tersebut dan tindakan perbaikan dapat dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai di dalam proses produksi. Salah satu alat bantu dalam pengendalian kualitas statistik adalah dengan menggunakan peta kendali. Secara umum, peta kendali terbagi menjadi dua yaitu peta kendali atribut dan peta kendali variabel. Peta kendali atribut digunakan untuk karakteristik kualitas atribut (sifat), yaitu karakteristik kualitas suatu produk yang dapat diukur dengan skala kualitatif (dinyatakan dengan kategori tertentu). Peta kendali variabel digunakan untuk karakteristik kualitas variabel, yaitu karakteristik kualitas suatu produk yang dapat diukur dengan skala kuantitatif (dinyatakan dengan besaran yang dapat diukur). Peta kendali atribut antara lain, peta  $c$ , peta  $p$ , peta  $np$ , dan peta  $u$ . Peta kendali variabel ada beberapa macam, jika karakteristik kualitas hanya satu, maka digunakan peta kendali  $\bar{X}-R$ ,  $\bar{X}-S$ , dan peta individu, tetapi jika karakteristik kualitas lebih dari satu maka digunakan peta kendali  $T^2$  Hotelling dan peta kendali *Generalized Variance* (Montgomery, 2009).

### 2.2.1 Peta Kendali *Generalized Variance*

Peta kendali *Generalized Variance* (GV) digunakan untuk mengendalikan variasi proses. Pengendalian varians sama pentingnya dengan pengendalian terhadap rata-rata. Variasi

proses dinyatakan sebagai matriks kovarian yang berukuran  $p \times p$ , diagonal utama dari matriks ini adalah varian dari variabel proses, dan diagonal yang lain adalah kovarian (Montgomery, 2009).

Peta kendali GV menggunakan rata-rata  $E(|S|)$  dan varians  $V(|S|)$ , nilai peta kendali *Generalized Variance* adalah sebagai berikut.

$$E(|S|) = b_1 |\Sigma| \quad (2.7)$$

$$V(|S|) = b_2 |\Sigma|^2 \quad (2.8)$$

dimana:

$$b_1 = \frac{1}{(m-1)^p} \prod_{i=1}^p (m-i) \quad (2.9)$$

$$b_2 = \frac{1}{(m-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (m-i) \left[ \prod_{j=1}^p (m-j+2) - \prod_{j=1}^p (m-j) \right] \quad (2.10)$$

Batas kendali dari peta kendali *Generalized Variance*, yaitu Batas Kendali Atas (BKA), Garis Tengah (GT), dan Batas Kendali Bawah (BKB) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} BKA &= |\Sigma| (b_1 + 3b_2^{1/2}) \\ GT &= b_1 |\Sigma| \\ BKB &= |\Sigma| (b_1 - 3b_2^{1/2}) \end{aligned} \quad (2.11)$$

Untuk nilai  $|\Sigma|$  dapat ditaksir dengan  $|S|/b_1$  sehingga batas kendali dapat ditulis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} BKA &= (|S|/b_1) (b_1 + 3b_2^{1/2}) \\ GT &= b_1 (|S|/b_1) = |S| \\ BKB &= (|S|/b_1) (b_1 - 3b_2^{1/2}) \end{aligned} \quad (2.12)$$

BKB akan bernilai nol jika hasil perhitungan yang didapat bernilai negatif atau kurang dari nol.

### 2.2.2 Peta Kendali $T^2$ Hotelling

Peta kendali  $T^2$  Hotelling merupakan peta kendali yang digunakan untuk mengendalikan proses produksi yang mempunyai lebih dari satu karakteristik kualitas (multivariat). Karakteristik kualitas penyebab tidak terkendali dideteksi dengan cara menginterpretasikan *out of control signal* pada peta kendali  $T^2$  Hotelling. Peta kendali  $T^2$  Hotelling dengan pengamatan individu memiliki ukuran subgroup  $n=1$  dan  $m$  sampel pengamatan, Tabel 2.1 menunjukkan struktur data untuk peta kendali  $T^2$  Hotelling dengan pengamatan individu.

**Tabel 2.1** Struktur Data Peta Kendali  $T^2$  Hotelling

Pengamatan ke-(i)	Karakteristik Kualitas (j)					
	$x_1$	$x_2$	$\dots$	$x_j$	$\dots$	$x_p$
1	$x_{11}$	$x_{12}$	$\dots$	$x_{1j}$	$\dots$	$x_{1p}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$
i	$x_{i1}$	$x_{i2}$	$\dots$	$x_{ij}$	$\dots$	$x_{ip}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$
m	$x_{m1}$	$x_{m2}$	$\dots$	$x_{mj}$	$\dots$	$x_{mp}$
Rata-rata Keseluruhan	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\dots$	$\bar{x}_j$	$\dots$	$\bar{x}_p$
Varian Keseluruhan	$S_1^2$	$S_2^2$	$\dots$	$S_j^2$	$\dots$	$S_p^2$

Keterangan :

$x_{ij}$  = nilai pengamatan pada pengamatan ke-i, karakteristik kualitas ke-j

i = banyaknya pengamatan sejumlah m

j = banyaknya karakteristik kualitas sejumlah p

Diperoleh matrik kovarian  $S$  dari rata-rata sampel berukuran  $p \times p$  sebagai berikut.

$$S = \frac{1}{2(m-1)} \sum_{i=1}^m (v'v) \quad (2.13)$$

$$v_i = x_{i+1} - x_i; \quad i = 1, 2, \dots, m-1 \quad (2.14)$$



$$V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_{m-1} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

$$S = \begin{pmatrix} s_1^2 & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{21} & s_2^2 & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & s_{p2} & \cdots & s_p^2 \end{pmatrix} \quad (2.16)$$

Jika menaksir  $\sum$  dengan  $S$  maka didapatkan persamaan peta kendali  $T^2$  Hotelling dengan pengamatan individu yang digunakan sebagai berikut.

$$T_i^2 = (x_i - \bar{x}_j)^T S^{-1} (x_i - \bar{x}_j) \quad (2.17)$$

Pemilihan batas kendali pada proses pengendalian multivariate harus seksama dengan batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) dari peta kendali  $T^2$  Hotelling untuk tahap I sebagai berikut.

$$BKA = \frac{p(m+1)(m-1)}{m^2 - mp} F_{\alpha, p, m-p} \quad (2.18)$$

$$BKB = 0$$

Keterangan:

m = banyaknya pengamatan,  $i=1,2,3,\dots,m$

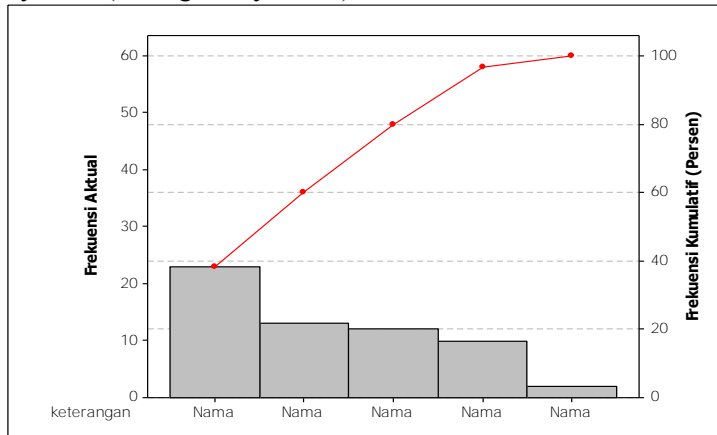
p = banyaknya karakteristik kualitas (variabel)

$F_{\alpha, p, m-p}$  = nilai yang diperoleh dari tabel F.

### 2.3 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah sebuah metode untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi masalah-masalah atau cacat guna membantu memusatkan perhatian untuk upaya penyelesaian masalahnya. Diagram pareto tersusun dari jumlah jenis cacat yang diurutkan mulai dari frekuensi yang paling tinggi sampai paling rendah. Prinsip dalam diagram pareto adalah 80% masalah yang

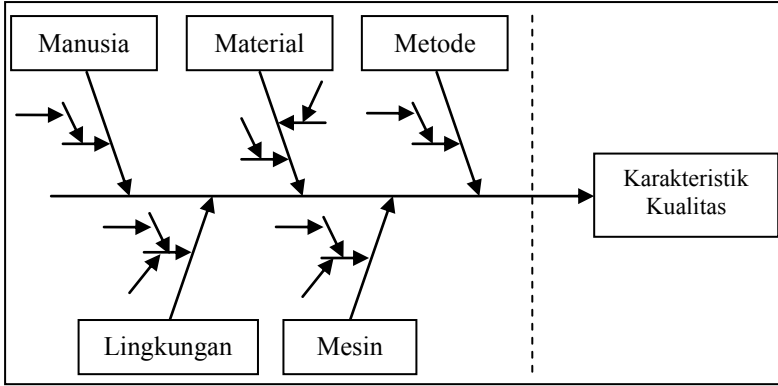
timbul pada suatu produk yang dihasilkan disebabkan oleh 20% penyebab. (Montgomery, 2009).



**Gambar 2.1** Diagram Pareto

## 2.4 Diagram *Ishikawa*

Diagram *Ishikawa* digunakan untuk mengidentifikasi masalah kualitas dan titik inspeksi. Bentuk diagram *Ishikawa* menyerupai tulang ikan, setiap tulang mewakili kemungkinan sumber kesalahan. Ada lima faktor yang diperkirakan menjadi penyebab suatu masalah yang timbul yaitu, *man*, *material*, *machine*, *method*, dan *environment* atau biasa disebut “4M+E”. Kelima kategori ini memberikan suatu daftar periksa yang baik untuk melakukan analisis awal. Setiap penyebab dikaitkan pada setiap kategori yang disatukan dalam tulang yang terpisah sepanjang cabang tersebut, seringkali melalui proses *brainstorming* (Heizer, 2009).



**Gambar 2.2** Diagram *Ishikawa*

## 2.5 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah suatu studi keteknikan guna menaksir kemampuan proses. Analisis kemampuan proses merupakan bagian yang sangat penting dari keseluruhan program peningkatan kualitas (Montgomery, 2009). Suatu proses dapat dikatakan memiliki presisi baik jika nilai  $C_p \geq 1$ . Apabila karakteristik suatu produk lebih dari satu maka digunakan analisis kapabilitas proses multivariat. Indeks kapabilitas proses multivariat merupakan suatu indeks proses produk yang menggunakan lebih dari satu variabel. Jika asumsi peta kendali dalam keadaan terkendali dan data berdistribusi multivariat normal telah terpenuhi, maka nilai indeks kapabilitas proses ( $C_p$ ) multivariat adalah sebagai berikut (Kotz, 1993).

$$C_p = \frac{K}{\chi_{\alpha,p}^2} \left[ \frac{(m-1)p}{W} \right]^{1/2} \quad (2.19)$$

Dimana :

$$W = \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^T A^{-1} (x_{ij} - \bar{x}_j) \quad (2.20)$$

$$A^{-1} = (\mathbf{x}_{ij}^T \mathbf{x}_{ij})^{-1} \quad (2.21)$$

$$\mathbf{K}^2 = (\bar{\mathbf{x}}_{ij} - \boldsymbol{\xi}_j)^T \mathbf{Q}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}_{ij} - \boldsymbol{\xi}_j) \quad (2.22)$$

$$Q = \begin{bmatrix} q_1^2 & q_{12} & \cdots & q_{1p} \\ & q_2^2 & \cdots & q_{2p} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & q_p^2 \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

$$q_{jp} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ip} - \bar{x}_p) \quad (2.24)$$

$Q^{-1}$  = invers matriks varian kovarians

$$\xi_j = \frac{1}{2} \left( \mathbf{BSA}_{x_j} + \mathbf{BSB}_{x_j} \right) \quad (2.25)$$

$\chi_{\alpha, df}^2$  = Chi – Square tabel

p = banyaknya karakteristik

m = banyaknya pengamatan yang terkendali

## 2.6 Proses Produksi Pipa Stainless Steel di PT XYZ

Pipa stainless steel merupakan pipa yang tidak mudah korosi. Bahan stainless steel memiliki beberapa tipe yang dibedakan berdasarkan kandungan nikel di dalamnya. Serta kandungan karbon mempengaruhi sifat kekerasan dan kekuatan dari bahan ini (Wikipedia.com).

Jenis Pipa Stainless Steel yang diproduksi di PT XYZ adalah Stainless Ornament dengan ukuran tebal 0.9 mm - 2 mm dan Stainless Industri dengan ukuran tebal 2 mm - 3.8 mm. Produksi pipa stainless steel yaitu Industrial Pipe yang mengikuti standart-standart adalah ASTM A-312, JIS G-3459-94 dan SNI 2658-92.

**Tabel 2.2** Karakteristik Mesin Stainless

Mesin	Jenis Pipa
SS1	Pipa Industri
SS2	Pipa Industri
SS3	Pipa Ornamen
SS4	Pipa Ornamen
SS5	Pipa Ornamen dan Industri

Gambar 2.3 merupakan alur produksi pipa *stainless steel ornament* yang diproduksi sesuai dengan standar dan permintaan pelanggan dengan keterangan alur produksi sebagai berikut.

1. Coil

Merupakan bahan baku yang berupa gulungan lembaran baja besar untuk pembuatan pipa *stainless steel*. Selanjutnya akan mengalami proses *slitting* dengan menggunakan mesin *slitter*.

2. Slitter

Proses pemotongan atau pembagian coil menjadi gulungan baja yang lebih kecil yang disebut *strip*. Setelah terbentuk *strip* akan dimasukkan ke dalam mesin *mill* untuk menjadi pipa.

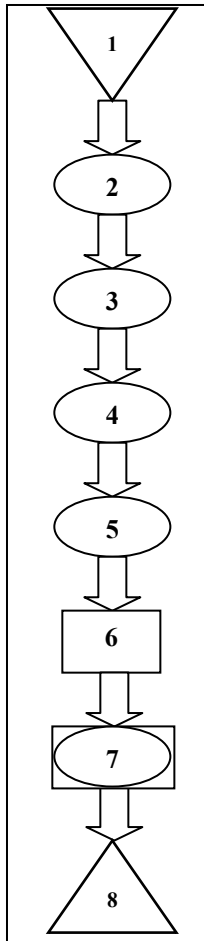
3. TIG

TIG (*Tungsten Inert Gas*) disebut juga dengan *Heliarc* yaitu istilah yang berasal dari merek dagang Linde Company atau GTAW. Proses pengelasan dengan panas yang dihasilkan dari busur yang terbentuk dalam perlindungan *inert gas* (gas mulia) antara elektroda tidak terumpan dengan benda kerja. GTAW mencairkan daerah benda kerja di bawah busur tanpa elektroda tungsten sehingga akan meleleh dengan sendirinya. *Filler metal* ditambahkan ke dalam daerah las dengan cara mengumpankan sebatang kawat polos. Teknik pengelasan sama dengan yang dipakai pada *Oxyfuel Gas Welding* atau OAW, tetapi busur dan kawah las GTAW dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh selimut *inert gas*, biasanya argon, helium atau campuran keduanya. *Inert gas* disebarkan dari torch dan daerah-daerah disekitar elektroda tungsten. Hasil pengelasan dengan proses GTAW mempunyai permukaan halus, tanpa slag dan kandungan hidrogen rendah.

4. Pickling

Proses menghilangkan karat dan menghindari lapisan oksida penyebab terjadinya korosi dari permukaan material maka dilakukan proses *pickling*. Proses ini dilakukan dengan mencelupkan material kedalam larutan asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dengan konsentrasi 10 %-15 % dan waktu pencelupan 10 menit.

- 1)  $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$
- 2)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{Fe}_2\text{O}_4 + 8\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$
- 5)  $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_2 + 2\text{HCl}$
- 6)  $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} \rightarrow 3\text{FeCl}_2$



**Gambar 2.3** Alur Produksi Pipa *Stainless Steel Ornament*

Proses *pickling* ini terjadi seperti ditunjukkan pada reaksi 1,2 dan 3 sedangkan reaksi 4, 5 dan 6 merupakan peristiwa *overpickling* (proses yang berlebihan). Terbentuknya gas H<sub>2</sub> pada reaksi ke 4 dapat menimbulkan lapisan *galvanizing* yang melepuh.

#### 5. Buffing

Proses menghilangkan cacat dengan proses injection yang tidak dapat hilang dengan proses wire brush dan dilakukan pada profil-profil yang tidak terjangkau dan hanya bisa untuk permukaan yang lebar saja.

#### 6. Offline

Kegiatan inspeksi pada pipa dengan memeriksa bagian pipa yang sudah siap di kirimkan ke pada konsumen. Proses inspeksi ini di lakukan secara manual dan dilakukan oleh inspektur baik dari pihak perusahaan. Inspeksi ini dilakukan sebelum produk dipacking untuk siap di kirim ke konsumen.

#### 7. Hairline

Pemulusan ulang pada pipa yang sudah di inspeksi agar produk yang dihasilkan benar-benar layak untuk dikirim.

#### 8. Marking & packing

Dalam proses ini produk yang sudah siap di kirim ke konsumen di berikan pengamanan ke dua ujung pipa yang bertujuan untuk menghindari benturan kedua ujung pipa satu dengan pipa yang lainnya. Jika kedua ujung pipa satu dengan kedua ujung pipa lain berbenturan maka akan terjadi rusak atau penyok.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

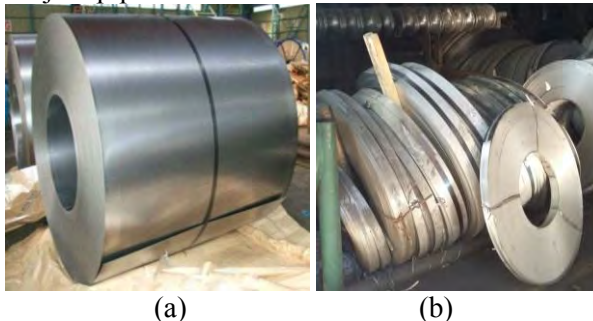
### 3.1 Sumber Data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder dari departemen *Quality Control* PT XYZ. Setiap strip menghasilkan 50 sampai 60 unit pipa, diambil 1 unit sebagai sampel, dengan subgrup yang digunakan adalah strip sebanyak 47 strip. Pengambilan sampel dilakukan pada kegiatan offline pada proses produksi pipa. Strip adalah lembaran baja yang berbentuk gulungan/coil. Penelitian dilakukan pada bulan Maret hingga Desember 2014. Berikut struktur data penelitian di PT XYZ.

**Tabel 3.1** Struktur Data Penelitian

Pengamatan ke-(i)	Strip (Subgrup)	Karakteristik Kualitas	
		$X_1$	$X_2$
1	$S_1$	$X_{11}$	$X_{21}$
2	$S_2$	$X_{12}$	$X_{22}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
47	$S_{47}$	$X_{147}$	$X_{247}$

Gambar 3.1 menunjukkan coil dan strip baja yang akan diolah menjadi pipa stainless steel

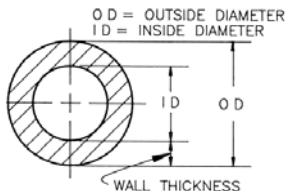


**Gambar 3.1** Coil Baja (a) dan Strip (b)



### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan untuk analisis proses produksi pipa *stainless steel ornament* di PT XYZ. Variabel-variabel kualitas pipa stainless steel adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.2** Pipa *Stainless Steel*

1. Diameter dalam (ID) ( $X_1$ ) adalah selisih diameter luar dengan tebal, dengan batas spesifikasi  $19.1 \pm 1.91$  mm.
2. Berat/weight ( $X_2$ ) adalah berat dari pipa *stainless steel ornament* dengan satuan kg, dengan batas spesifikasi  $2.705 \pm 0.2705$  kg.

Kedua variabel karakteristik tersebut memiliki hubungan, dimana semakin besar diameter dalam maka semakin ringan pipa *stainless steel ornament* yang dihasilkan. Adapun rangkuman variabel kualitas dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Variabel Penelitian

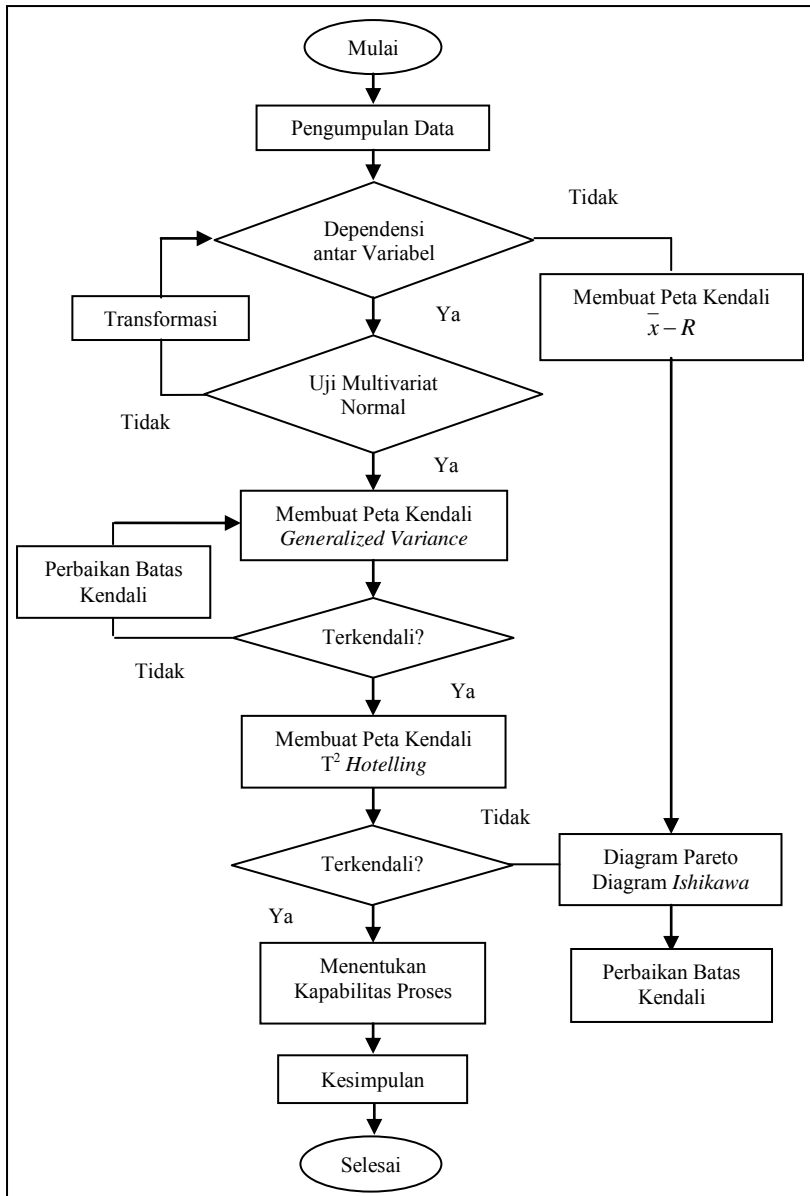
Variabel	BSA	Target	BSB
Diameter dalam (ID) ( $X_1$ )	21.01mm	19.1 mm	17.19 mm
Berat (Weigth) ( $X_2$ )	2.975 kg	2.705 kg	2.435 kg

### 3.3 Langkah Analisis

Berikut adalah langkah penelitian pada analisis variabel kualitas pipa stainless steel di PT XYZ.

1. Memeriksa asumsi pada data yang harus dipenuhi untuk dapat melanjutkan ke analisis selanjutnya. Yaitu pemeriksaan asumsi data distribusi multivariat normal dan pemeriksaan asumsi data saling berhubungan.
2. Melakukan analisis data menggunakan peta kendali *Generalized Variance* untuk mengetahui variabilitas proses dan peta kendali  $T^2$  Hotelling untuk mengetahui mean.

3. Jika hasil analisis peta kendali telah terkendali, maka akan dilanjutkan analisis berikutnya. Jika hasil analisis peta kendali belum terkendali maka dilakukan identifikasi penyebab *out of control* menggunakan diagram pareto dan diagram *Ishikawa*.
  4. Menghitung nilai indeks kapabilitas proses ( $C_p$ ) pada data.
  5. Membuat kesimpulan.
- Rangkuman langkah analisis dapat dilihat pada Gambar 3.3 diagram alir sebagai berikut.



**Gambar 3.3** Diagram Alir

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Analisis yang digunakan untuk membahas rumusan masalah pada data hasil proses produksi pada periode bulan Maret hingga Desember 2014 adalah peta kendali multivariat, diagram pareto, diagram ishikawa dan kapabilitas proses. Analisis multivariat harus memenuhi beberapa asumsi yaitu variabel karakteristik kualitas harus berhubungan secara multivariat dan harus berdistribusi normal multivariat. Hasil analisis dan pembahasan sebagai berikut.

#### **4.1 Pemeriksaan Asumsi**

Analisis dan pembahasan pada penelitian ini menggunakan data kualitas hasil proses produksi pipa *stainless steel ornament* yang dapat dilihat di Lampiran A. Variabel karakteristik kualitas harus berhubungan secara multivariat dan harus berdistribusi normal multivariat untuk melakukan pengendalian menggunakan peta kendali multivariat.

##### **4.1.1 Pemeriksaan Korelasi Antar Variabel**

Untuk mengetahui hubungan antar variabel dapat menggunakan metode *Bartlett*. Berikut pengujian *Bartlett* menggunakan nilai  $\alpha$  sebesar 5%. Hipotesis metode *Bartlett* yang digunakan adalah sebagai berikut.

$H_0$  : variabel diameter dalam (ID) dan berat pipa *stainless steel ornament* tidak berkorelasi

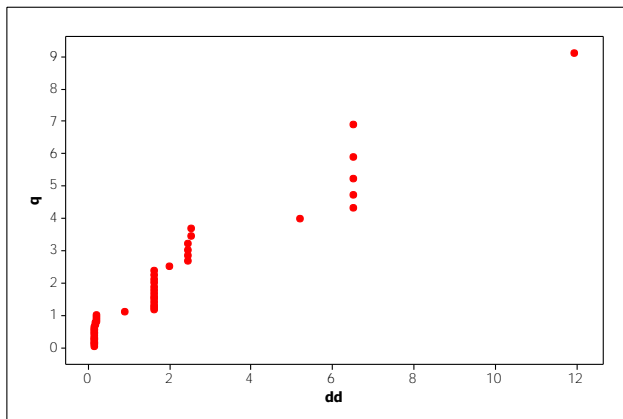
$H_1$  : variabel diameter dalam (ID) dan berat pipa *stainless steel ornament* berkorelasi

Dengan menggunakan persamaan 2.1, data pada Lampiran A dengan menggunakan paket program *SPSS* diperoleh *output* pada Lampiran B, diperoleh nilai  $\chi^2_{hitung} = 4.295$ , dimana nilai  $\chi^2_{(0.05;1)} = 3.842$ , maka  $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{(0.05;1)}$  akibatnya diambil keputusan  $H_0$  ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel

diameter dalam (ID) dan berat pipa *stainless steel ornament* berkorelasi.

#### 4.1.2 Distribusi Normal Multivariat

Sebelum menganalisis menggunakan peta kendali multivariat, kedua data variabel karakteristik kualitas harus berdistribusi normal multivariat. Berikut pemeriksaan distribusi normal multivariat pada data variabel karakteristik kualitas pipa *stainless steel ornament*, dengan menggunakan persamaan 2.4 untuk mendapatkan nilai  $d_i^2$  dan nilai  $q_i$  menggunakan persamaan 2.6, data pada Lampiran A dengan menggunakan paket program *Minitab* diperoleh *output* pada Lampiran C diperoleh nilai t atau persentase jarak  $d_i^2 < \chi_2^2 = 1.387$  sebesar 43%, maka nilai t mendekati 50% dapat disimpulkan bahwa data karakteristik kualitas pada pipa *stainless steel ornament* berdistribusi normal multivariat. Berikut hasil q-q plot antara  $d_i^2$  dengan  $q_i$  pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** q-q Plot

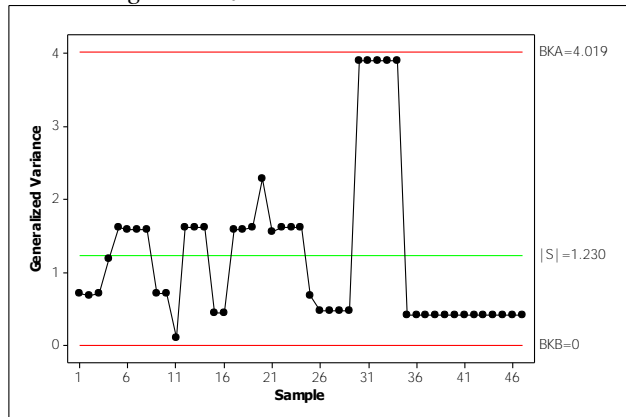
Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui secara visual bahwa titik-titik membentuk garis lurus yang menandakan bahwa sebaran data karakteristik kualitas pada pipa *stainless steel ornament* mengikuti distribusi normal multivariat.

## 4.2 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas statistik yang digunakan adalah peta kendali multivariat. Peta kendali multivariat untuk mengetahui apakah proses produksi telah terkendali secara multivariat. Pengendalian proses dilakukan dengan menggunakan peta kendali *Generalized Variance* dan peta kendali  $T^2$  Hotelling.

### 4.2.1 Peta Kendali *Generalized Variance*

Pengendalian proses terhadap varians dilakukan dengan menggunakan peta kendali *Generalized Variance*. Pengendalian varians sama pentingnya dengan pengendalian terhadap rata-rata. Berikut merupakan hasil analisis pengendalian variabilitas proses produksi pipa *stainless steel ornament* dengan menggunakan diagram kontrol *generalized variance*.



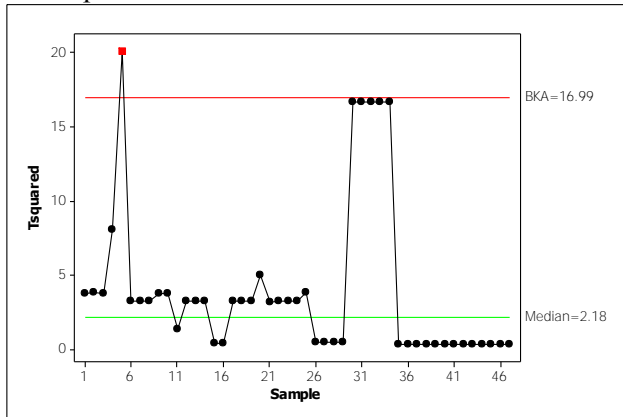
**Gambar 4.2** Peta Kendali *Generalized Variance*

Pada Gambar 4.2 dapat diketahui secara visual bahwa proses sudah terkendali secara statistik tidak ada titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas. Diperoleh batas kendali atas sebesar 4.019 dan batas bawah sebesar 0.000.

### 4.2.2 Peta Kendali $T^2$ Hotelling

Hasil peta kendali *Generalized Variance* sudah terkendali pada produk pipa *stainless steel ornament* maka selanjutnya dilakukan pengendalian terhadap rata-rata dengan menggunakan

peta kendali  $T^2$  Hotelling. Hasil pengendalian proses produksi dapat dilihat pada Gambar 4.3.

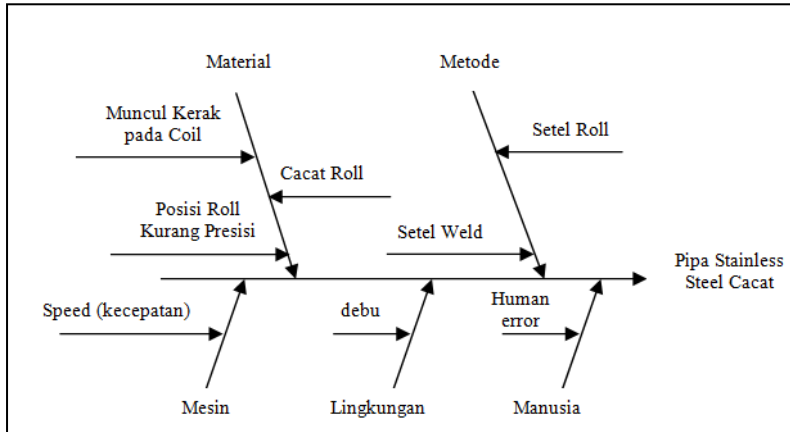


**Gambar 4.3** Peta Kendali  $T^2$  Hotelling

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa hasil pengendalian produksi pipa *stainless steel ornament* terdapat 1 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas sehingga belum terkendali secara statistik. Didapatkan batas kendali atas sebesar 16.99 dan batas kendali bawah sebesar 0.0, dimana 1 titik pengamatan yang berada di *out of control* yaitu titik ke-5.

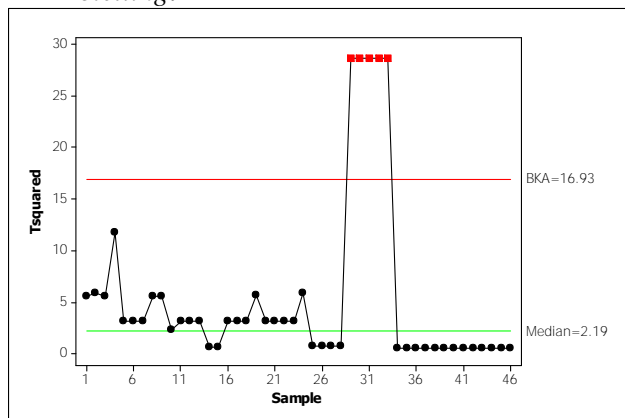
Faktor yang diduga menyebabkan titik pengamatan berada di luar batas kendali dapat dilihat pada Gambar 4.4 Diagram Ishikawa. Ada beberapa faktor penyebab kualitas produk pipa kurang bagus/cacat yaitu, faktor Material (bahan baku) diduga disebabkan oleh penempatan roll strip atau coil baja tidak tepat atau kurang presisi, terjadi cacat roll baja dimana terdapat lubang atau tidak mulus pada roll, dan muncul kerak pada coil/strip, faktor Metode diduga disebabkan oleh penyeteran las tidak tepat sehingga pengelasan tidak mulus dan penyeteran roll kurang bagus, faktor Mesin diduga disebabkan oleh kecepatan mesin saat dioperasikan mengalami gangguan, faktor Lingkungan diduga disebabkan oleh debu karena proses pembuatan pipa stainless steel menimbulkan debu yang dapat mengganggu sistem pernafasan, serta faktor Manusia diduga disebabkan oleh

kesalahan dari manusia, setelah mengetahui penyebab dari titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, maka langkah selanjutnya adalah menghilangkan titik pengamatan tersebut.



**Gambar 4.4** Diagram Ishikawa

Setelah 1 titik tersebut dihilangkan, selanjutnya dilakukan perbaikan peta kendali  $T^2$  Hotelling. Berikut hasil perbaikan peta kendali  $T^2$  Hotelling.

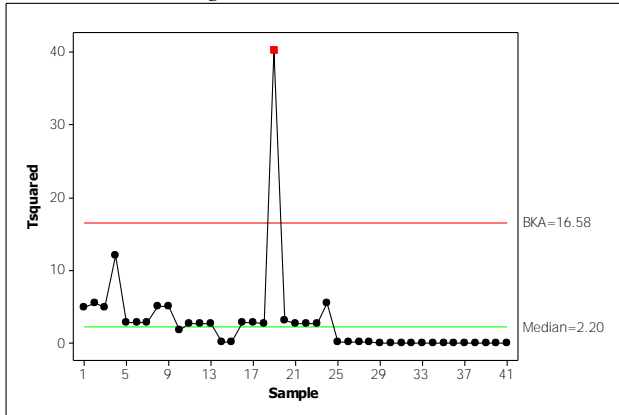


**Gambar 4.5** Perbaikan 1 Peta Kendali  $T^2$  Hotelling

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa hasil perbaikan pengendalian produksi pipa *stainless steel ornament* terdapat 5

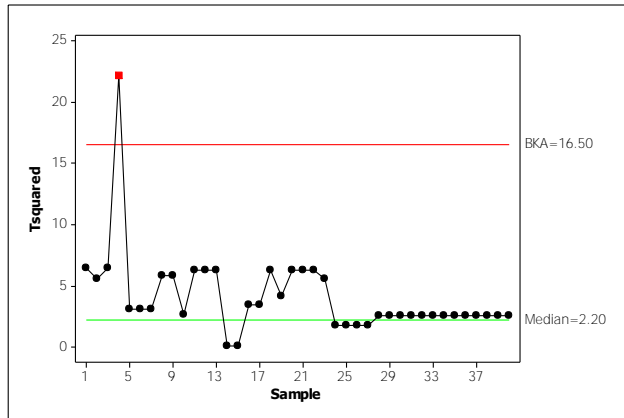


titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas sehingga belum terkendali secara statistik. Didapatkan batas kendali atas sebesar 16.93 dan batas kendali bawah sebesar 0.0, dimana 5 titik pengamatan yang berada di *out of control* yaitu titik ke- 29, 30, 31, 32 dan 33. Jika 5 titik tersebut dihilangkan, akan dilakukan perbaikan 2 peta kendali  $T^2$  Hotelling. Berikut hasil perbaikan 2 peta kendali  $T^2$  Hotelling.



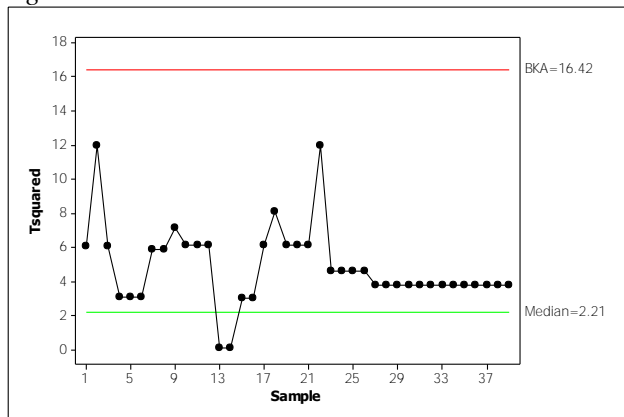
**Gambar 4.6** Perbaikan 2 Peta Kendali  $T^2$  Hotelling

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa hasil perbaikan 2 pengendalian produksi pipa *stainless steel ornament* terdapat 1 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas sehingga belum terkendali secara statistik. Didapatkan batas kendali atas sebesar 16.58 dan batas kendali bawah sebesar 0.0, dimana 1 titik pengamatan yang berada di *out of control* yaitu titik ke-19. Jika 1 titik tersebut dihilangkan, akan dilakukan perbaikan 3 peta kendali  $T^2$  Hotelling. Gambar 4.7 merupakan hasil perbaikan 3 peta kendali  $T^2$  Hotelling.



**Gambar 4.7** Perbaikan 3 Peta Kendali  $T^2$  Hotelling

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa hasil perbaikan 3 pengendalian produksi pipa *stainless steel ornament* terdapat 1 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas sehingga belum terkendali secara statistik. Didapatkan batas kendali atas sebesar 16.50 dan batas kendali bawah sebesar 0.0, dimana 1 titik pengamatan yang berada di *out of control* yaitu titik ke-4. Jika 1 titik tersebut dihilangkan, akan dilakukan perbaikan 4 peta kendali  $T^2$  Hotelling. Berikut hasil perbaikan 4 peta kendali  $T^2$  Hotelling.

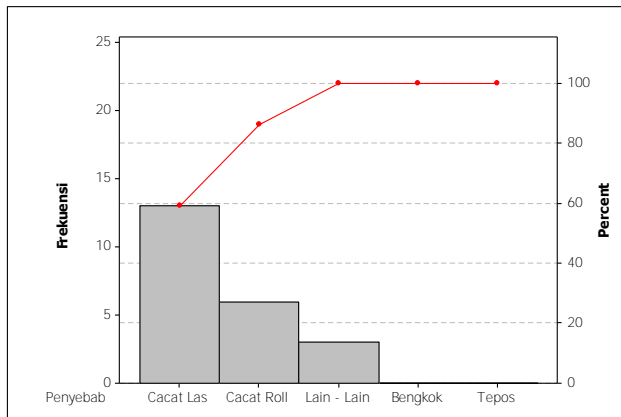


**Gambar 4.8** Perbaikan 4 Peta Kendali  $T^2$  Hotelling

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa hasil perbaikan 4 pengendalian produksi pipa *stainless steel ornament* tidak terdapat titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas sehingga sudah terkendali secara statistik. Didapatkan batas kendali atas sebesar 16.42 dan batas kendali bawah sebesar 0.0.

### 4.3 Diagram Pareto

Proses terkendali secara statistik jika proses produksi mengalami perbaikan 4 kali, sebelumnya ada beberapa titik pengamatan yang berada di *out of control* batas kendali, sehingga perlu dibuatkan diagram Pareto. Diagram pareto digunakan untuk melihat masalah-masalah yang menyebabkan beberapa titik pengamatan berada di *out of control*. Selain itu, diagram pareto untuk melihat penyebab ketidaksesuaian proses produksi pipa *stainless steel ornament* dari yang tertinggi hingga yang ke rendah. Berikut gambar diagram pareto untuk proses produksi pipa *stainless steel ornament*.



**Gambar 4.9** Diagram Pareto Proses Produksi

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa penyebab tertinggi proses produksi pipa *stainless steel ornament* tidak terkendali adalah cacat las dengan presentase sebesar 59.1%. Selain cacat las penyebab lainnya adalah cacat roll dengan presentase sebesar 27.3% dan lain-lain dengan presentase sebesar 13.6%. Dua

penyebab pertama proses produksi sudah dapat mengetahui 86.4% dari total penyebab ketidak terkendalinya proses produksi.

#### 4.4 Indeks Kapabilitas Proses

Peta kendali multivariat telah terkendali, analisis selanjutnya menghitung indeks kapabilitas proses ( $C_p$ ) untuk mengetahui seberapa besar kapabilitas produksi pipa *stainless steel ornament* yang sesuai dengan batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan.

Didapatkan indeks kapabilitas proses pada produksi pipa *stainless steel ornament* sebagai berikut, dengan melakukan perhitungan berdasarkan Persamaan 2.19.

$$C_p = \frac{3.58752}{\chi_{0.99732}^2} \left[ \frac{(39-1)2}{1} \right]^{1/2} = 2.64395$$

Dimana :

$$Q = \begin{bmatrix} 0.0011952 & 0.0001636 \\ 0.0001636 & 0.0000260 \end{bmatrix}$$

Perhitungan Q berdasarkan Persamaan 2.23, sehingga diperoleh nilai  $Q^{-1}$  sebagai berikut.

$$Q^{-1} = \begin{bmatrix} 6038.2 & -37998 \\ -37998 & 277577 \end{bmatrix}$$

Perhitungan nilai K menggunakan Persamaan 2.22 dengan nilai K sebesar 3.58752.

$$K^2 = \begin{bmatrix} -0.008 & 0.0057 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 6038.2 & -37998 \\ -37998 & 277577 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0.008 \\ 0.0057 \end{bmatrix} = 12.8703$$

$$K = 3.58752$$

Menggunakan Persamaan 2.21 diperoleh nilai  $A^{-1}$  sebagai berikut.

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 146 & -1028.29 \\ -1208.29 & 7242.35 \end{bmatrix}$$

Didapatkan nilai  $W=1$  dengan menggunakan persamaan (2.20), dengan rincian perhitungan nilai W dapat dilihat pada Lampiran D. Batasan produk sebenarnya dengan probabilitas

ketidaksesuaian 0,27% sehingga diperoleh  $\chi^2_{0,99732} = 11.82901$ .

Diperoleh hasil nilai  $C_p$  sebesar 2.64395, menunjukkan bahwa proses produksi pipa *stainless steel ornament* dapat dikatakan memiliki tingkat presisi tinggi dikarenakan nilai  $C_p$  yang diperoleh lebih dari satu, sehingga perlu dipertahankan proses produksi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis pada produk pipa *stainless steel ornament* di PT XYZ diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Kapabilitas proses pada proses produksi pipa *stainless steel ornament* di PT XYZ pada bulan Maret hingga Desember 2014 sebesar 2.64395, menunjukkan proses sudah kapabel.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas proses produksi pipa *stainless steel ornament* di PT XYZ tidak stabil adalah posisi roll kurang presisi, cacat roll, muncul kerak pada coil setel roll, setel weld, kecepatan mesin, debu dan *human error*.

#### **5.2 Saran**

Terkait hasil penelitian statistik diketahui faktor-faktor penyebab data berada di luar batas kendali serta informasi mengenai kapabilitas proses, diharapkan :

1. Pihak perusahaan lebih mempertimbangkan dalam melakukan pengendalian kualitas dengan melihat penyebab kondisi yang tidak terkendali antara lain material disebabkan oleh posisi roll kurang presisi, kerak pada coil dan cacat roll, metode terdapat masalah pada setel roll dan setel weld, mesin masih terdapat masalah pada kecepatan, lingkungan muncul debu, dan terjadi *human error*. Penelitian ini sebagai referensi bagi perusahaan untuk melakukan proses produksi lebih teliti dengan melakukan pengecekan dari segi mesin, metode, lingkungan, dan material.
2. Pihak perusahaan dapat melakukan pengembangan terhadap sumber daya manusianya agar tidak terjadi *human error*, pengembangan sumber daya manusia atau perbaikan dari segi manusia dapat dilakukan dengan cara pelatihan *Best Practice* secara berkala, pelatihan

berkesinambungan, mengikutsertakan workshop, pelatihan dan seminar-seminar di dalam maupun di luar perusahaan, pelatihan keselamatan kerja seperti *safety* simulator. Kegiatan pelatihan, seminar maupun workshop dapat mengembangkan soft skill manusia.

**LAMPIRAN A. Data Hasil Proses Produksi Pipa *Stainless Steel Ornament* Periode Maret-Desember 2014**

Strip	Bulan	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
1	Maret	19.150	2.71857651450
2	Maret	19.150	2.72174133000
3	Maret	19.150	2.71857651450
4	Maret	19.175	2.73001767750
5	Maret	19.050	2.44753267275
6	April	19.050	2.70449738250
7	April	19.050	2.70449738250
8	April	19.050	2.70449738250
9	April	19.150	2.71902863100
10	Mei	19.150	2.71902863100
11	Mei	19.125	2.71799237500
12	Juni	19.050	2.70674551000
13	Juni	19.050	2.70674551000
14	Juni	19.050	2.70674551000
15	Juni	19.100	2.71198906500
16	Juni	19.100	2.71198906500
17	Juni	19.050	2.70494700800
18	Juni	19.050	2.70494700800
19	Juni	19.050	2.70674551000
20	Juni	19.150	2.59277727800
21	Agustus	19.050	2.70224925500
22	Agustus	19.050	2.70674551000
23	Agustus	19.050	2.70674551000
24	Agustus	19.050	2.70674551000
25	Agustus	19.150	2.72174133000



**LAMPIRAN A. (Lanjutan)**

Strip	Bulan	$X_1$	$X_2$
26	Oktober	19.100	2.71424342000
27	Oktober	19.100	2.71424342000
28	Oktober	19.100	2.71424342000
29	Oktober	19.100	2.71424342000
30	Desember	19.150	2.46306343500
31	Desember	19.150	2.46306343500
32	Desember	19.150	2.46306343500
33	Desember	19.150	2.46306343500
34	Desember	19.150	2.46306343500
35	Desember	19.100	2.70973471000
36	Desember	19.100	2.70973471000
37	Desember	19.100	2.70973471000
38	Desember	19.100	2.70973471000
39	Desember	19.100	2.70973471000
40	Desember	19.100	2.70973471000
41	Desember	19.100	2.70973471000
42	Desember	19.100	2.70973471000
43	Desember	19.100	2.70973471000
44	Desember	19.100	2.70973471000
45	Desember	19.100	2.70973471000
46	Desember	19.100	2.70973471000
47	Desember	19.100	2.70973471000

## LAMPIRAN B. *Output SPSS Uji Bartlett*

- **Output Uji Bartlett**

### **KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.500
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4.295
	df	1
	Sig.	.038

**LAMPIRAN C. *Output Minitab* Uji Distribusi Normal Multivariat**

No.	Nilai d
1	2.45804
2	2.530881
3	2.45804
4	5.222345
5	11.95062
6	1.617985
7	1.617985
8	1.617985
9	2.468261
10	2.468261
11	0.906648
12	1.615279
13	1.615279
14	1.615279
15	0.187898
16	0.187898
17	1.617322
18	1.617322
19	1.615279
20	2.004028
21	1.622212
22	1.615279
23	1.615279
24	1.615279
25	2.530881

No.	Nilai d
26	0.212637
27	0.212637
28	0.212637
29	0.212637
30	6.523388
31	6.523388
32	6.523388
33	6.523388
34	6.523388
35	0.164688
36	0.164688
37	0.164688
38	0.164688
39	0.164688
40	0.164688
41	0.164688
42	0.164688
43	0.164688
44	0.164688
45	0.164688
46	0.164688
47	0.164688

### LAMPIRAN D. *Output Minitab* Indeks Kapabilitas Proses Multivariat

MTB > %E:/kapabilitas.txt c1-c2

Executing from file: E:/kapabilitas.

i	$x_{ij} - \bar{x}_j$	
1	0,058	0,008
2	0,058	0,011
3	0,058	0,008
4	-0,042	-0,006
5	-0,042	-0,006
6	-0,042	-0,006
7	0,058	0,008
8	0,058	0,008
9	0,033	0,007
10	-0,042	-0,004
11	-0,042	-0,004
12	-0,042	-0,004
13	0,008	0,001
14	0,008	0,001
15	-0,042	-0,006
16	-0,042	-0,006
17	-0,042	-0,004
18	-0,042	-0,008
19	-0,042	-0,004
20	-0,042	-0,004
21	-0,042	-0,004
22	0,058	0,011
23	0,008	0,004
24	0,008	0,004

i	$x_{ij} - \bar{x}_j$	
25	0,008	0,004
26	0,008	0,004
27	0,008	-0,001
28	0,008	-0,001
29	0,008	-0,001
30	0,008	-0,001
31	0,008	-0,001
32	0,008	-0,001
33	0,008	-0,001
34	0,008	-0,001
35	0,008	-0,001
36	0,008	-0,001
37	0,008	-0,001
38	0,008	-0,001
39	0,008	-0,001

i	$(x_{ij} - \bar{x}_j)A^{-1}$		Wi
1	0,411	-2,891	0,00116
2	-2,844	20,029	0,05539
3	0,411	-2,891	0,00116
4	0,288	-2,028	0,00057
5	0,288	-2,028	0,00057
6	0,288	-2,028	0,00057
7	-0,054	0,383	0,00002
8	-0,054	0,383	0,00002
9	-2,639	18,585	0,04769
10	-2,024	14,253	0,02805
11	-2,024	14,253	0,02805
12	-2,024	14,253	0,02805
13	-0,116	0,815	0,00009
14	-0,116	0,815	0,00009
15	-0,174	1,228	0,00021
16	-0,174	1,228	0,00021
17	-2,024	14,253	0,02805
18	2,600	-18,310	0,04629
19	-2,024	14,253	0,02805
20	-2,024	14,253	0,02805
21	-2,024	14,253	0,02805
22	-2,844	20,029	0,05539
23	-2,434	17,141	0,04057
24	-2,434	17,141	0,04057
25	-2,434	17,141	0,04057
26	-2,434	17,141	0,04057
27	2,202	-15,512	0,03323

i	$(x_{ij} - \bar{x}_j)A^{-1}$		Wi
28	2,202	-15,512	0,03323
29	2,202	-15,512	0,03323
30	2,202	-15,512	0,03323
31	2,202	-15,512	0,03323
32	2,202	-15,512	0,03323
33	2,202	-15,512	0,03323
34	2,202	-15,512	0,03323
35	2,202	-15,512	0,03323
36	2,202	-15,512	0,03323
37	2,202	-15,512	0,03323
38	2,202	-15,512	0,03323
39	2,202	-15,512	0,03323
W			1,00001

Variabel	$\bar{x}_j$
Diameter dalam ( $X_1$ )	19.092
Berat ( $X_2$ )	27.107

$$Q = \begin{bmatrix} 0.0011952 & 0.0001636 \\ 0.0001636 & 0.0000260 \end{bmatrix}$$

$$Q^{-1} = \begin{bmatrix} 6038.2 & -37998 \\ -37998 & 277577 \end{bmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 146 & -1028.29 \\ -1208.29 & 7242.35 \end{bmatrix}$$

$$K^2 = \begin{bmatrix} -0.008 & 0.0057 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 6038.2 & -397998 \\ -37998 & 277577 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0.008 \\ 0.0057 \end{bmatrix} = 12.8703$$

$$K = 3.58752$$

### LAMPIRAN E. *Macro Minitab* Kapabilitas Proses

```

macro
cova x.1-x.p
mconstant n i t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 c.1-c.p k2 k chi cp sbaru
mcolumn x.1-x.p b.1-b.p vek.1-vek.39 cm1 sbr
mmatrix am1 am2 am3 ainv am5 am6 mm mtt mvek mvekt s cm2
cm3 cm4 vo voin
noecho
let n=count(x.1)
define 0 1 1 s
print s
do i=1:p
let b.i=x.i-mean(x.i)
enddo
copy x.1-x.p am1
cova x.1-x.p vo
print vo
inve vo voin
print voin
trans am1 am2
mult am2 am1 am3
inve am3 ainv
print ainv
copy b.1-b.p mm
trans mm mtt
copy mtt vek.1-vek.39
do i=1:n
copy vek.i mvek
trans mvek mvekt
mult mvekt ainv am5
mult am5 mvek am6
add s am6 s
print i s
enddo

```

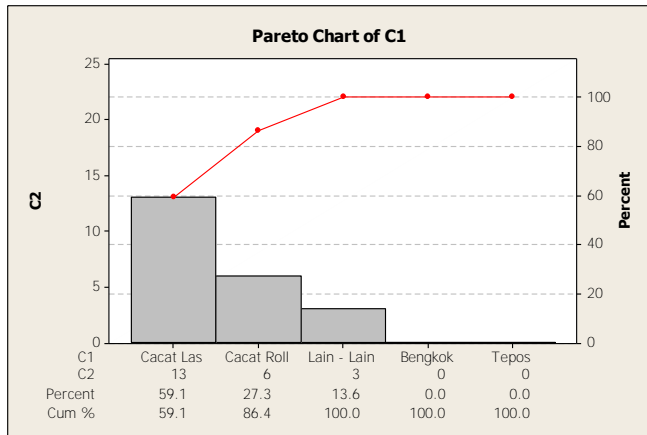


```

print s
copy s sbr
print sbr
copy sbr sbaru
print sbaru
let t1=19.1
let t2=2.705
let c.1=mean(x.1)-t1
let c.2=mean(x.2)-t2
print c.1-c.2
copy c.1-c.2 cm1
print cm1
trans cm1 cm2
trans cm2 cm3
print cm2
print cm3
mult cm2 voin cm4
print cm4
mult cm4 cm3 k2
print k2
let k=sqrt(k2)
print k
invcdf 0.9973 chi;
chis p.
print chi
let cp=(k/chi)*sqrt((n-1)*p/sbaru)
print cp
endmacro

```

## LAMPIRAN F. Diagram Pareto



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>LAMPIRAN A.</b> Data Hasil Produksi Pipa <i>Stainless Steel Ornament</i> .....	35
<b>LAMPIRAN B.</b> <i>Output SPSS</i> Uji <i>Bartlett</i> .....	37
<b>LAMPIRAN C.</b> <i>Output Minitab</i> Uji Distribusi Normal Multivariat.....	38
<b>LAMPIRAN D.</b> <i>Output Minitab</i> Indeks Kapabilitas Proses Multivariat.....	39
<b>LAMPIRAN E.</b> <i>Macro Minitab</i> Kapabilitas Proses .....	43
<b>LAMPIRAN F.</b> Diagram Pareto .....	45

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Heizer, Jay and Render, Barry. 2009. *Operation Management*. Salemba Empat: Jakarta.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kotz, Samuel and Norman L. Johson. 1993. *Process Capability Indices First Edition*. Chapman and Hall: London
- Kurnia, Junta Dwi. 2013. *Analisis Kapabilitas Proses Produksi Monosodium Glutamat (MSG) di PT. Ajinomoto Indonesia*. Tugas Akhir. Statistika ITS, Surabaya.
- Pradita, Dias Ardha. 2014. *Pengendalian Kualitas pada Proses Pembuatan Plat Baja di PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk dengan Menggunakan Peta Kendali U*. Tugas Akhir. Statistika ITS, Surabaya.
- Rencher, A. R. 2002. *Methods of Multivariate Analysis Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Montgomery, Douglas C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition*. United States of America.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kecamatan Tanjung Asam, Kabupaten Ketapang Kalimantan Barat dengan nama Novia Maharani. Anak kedua dari berempat bersaudara ini memang lahir di Ketapang, namun pindah ke Kota Madiun selama 4 tahun dan akhirnya menetap di Kabupaten Blitar. Tahun 1999 menempuh pendidikan Taman Kanak Kanak, tahun 2000 menempuh pendidikan di SDN Kaliboto, tahun 2006 menempuh pendidikan di SMPN 1

Ngantru dan tahun 2009 menempuh pendidikan di SMKN 3 Boyolangu dengan mengambil jurusan Elektronika Industri. Setelah lulus SMK penulis memutuskan untuk melanjutkan jenjang pendidikan lebih tinggi yaitu melanjutkan ke Diploma III Statistika FMIPA ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 1312030044. Segala kritik dan saran yang membangun, dapat dikirim melalui email : [novia.maharani28@gmail.com](mailto:novia.maharani28@gmail.com).